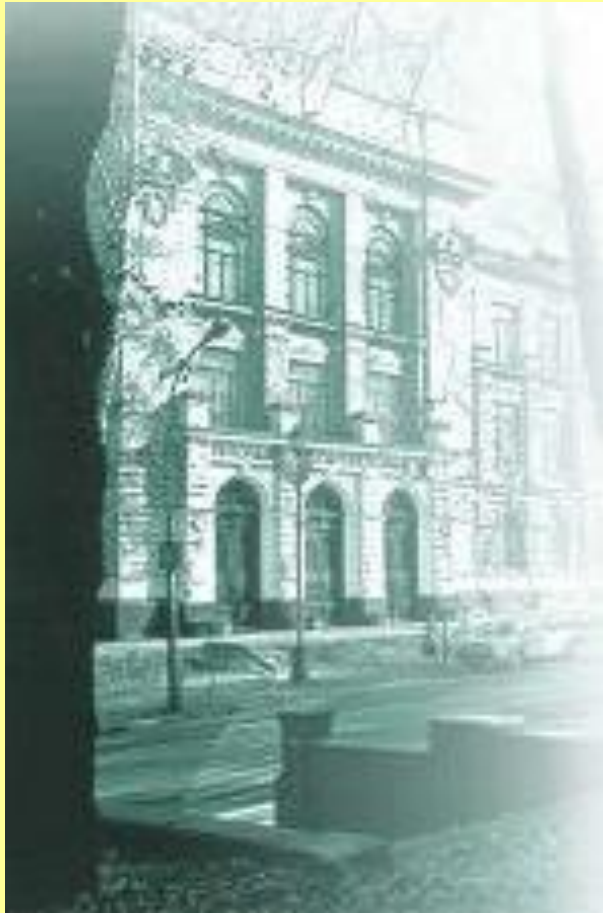






ДОБРОЕ УТРО,

КОЛЛЕГИ!



Курс лекций по общей физике

ЛЕКТОР

Крючков Юрий Юрьевич

профессор, д-р физ.-мат. наук

каф. ОФ ФТИ ТПУ

Физика
Осенний семестр
2010/2011 уч. год

Кафедра общей физики ФТИ
Крючков
Гр. 13A91, 13A92, 13A93
Лекции - 68 часов
Практические занятия - 34 часа
Лабораторные занятия - 34 часа

РЕЙТИНГ-ЛИСТ

Самостоятельная работа – 128 часов
Итого: 264 час

Вид занятий	Недели																	Σ	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Лекции	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	170
Практика		5	5	5	5	5	5	5		5	5		5	5	5	5	5		70
Контрольная работа									45			45							90
Компьютерный практикум			30		30		30		30		30		30		30		30		240
Лаборатория	-	10	10	10	10	10	10	-		10	10	10	10	10	10		-		120
Защита лаб. работ									20								20		40
Коллоквиумы								60										60	120
Экзамен																		150	150
Допуск к экзамену	55 балл (при условии сдачи и защиты лабораторных работ и индивидуальных заданий(компьютерный практикум))																		
Сумма за неделю	10	35	90	115	170	195	250	325	430	455	510	575	630	655	710	745	850	1000	1000
Общая сумма	«Составил»																	1000	
	лектор																	0	

Крючков Ю.Ю.

зав. каф. ОФ

Чернов И.П.

«Утверждаю»

О курсе общей физики

РЕЙТИНГ

«ОТЛИЧНО» - **951** балл и выше

«ХОРОШО» - **851 - 950** баллов

«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» - **751 - 850** баллов

Студенты, сдавшие в срок: каждую контрольную работу на **27** и более баллов; каждый коллоквиум на **36** и более баллов; выполнившие каждую компьютерную практику на **20** и более баллов; посетившие все практические занятия; сдавшие и защитившие в срок лабораторные работы - **освобождаются на экзамене от вопросов и задач по темам «Электростатика», «Постоянный ток», «Электромагнетизм» !!!**

О курсе общей физики

БОНУС

Участие в олимпиаде по физике

Место	Физика – предмет	Физика - профиль
I	100	150
II	75	125
III	50	100
IV -X	25	50
Участие	5	5

О курсе общей физики

БОНУС

25 баллов за реферат, написанный студентом на предложенную им самим или преподавателем тему.

За любую полезную для преподавателя работу, связанную с предметом «Физика», студент получает баллы по договорённости

О курсе общей физики

БОНУС

951 и более баллов и **I-е** место в группе – автомат по экзамену

851-950 и более баллов – **один!** теоретический вопрос и досрочная сдача экзамена

751 - 850 - **два!!** вопроса и досрочная сдача экзамена

651 – 750 – Три!!! вопроса и сдача экзамена только в назначенный срок, т.е. по расписанию

551 – 650 – ПЯТЬ!!!! вопросов и сдача экзамена только в назначенный срок, т.е. по расписанию

О курсе общей физики

ЛИТЕРАТУРА

Ю.И.Тюрин, И.П.Чернов, Ю.Ю.Крючков

Физика

часть 2

Электричество и магнетизм



О курсе общей физики

ЛИТЕРАТУРА

В.В. Ларионов, В.И. Веретельник,
Ю.И. Тюрин, И.П. Чернов

Физический практикум

часть 2

Электричество и магнетизм
Колебания и волны



О курсе общей физики

ЛИТЕРАТУРА

Ю.И.Тюрин, В.В.Ларионов, И.П.Чернов

Физика

СБОРНИК ЗАДАЧ

(с решениями)

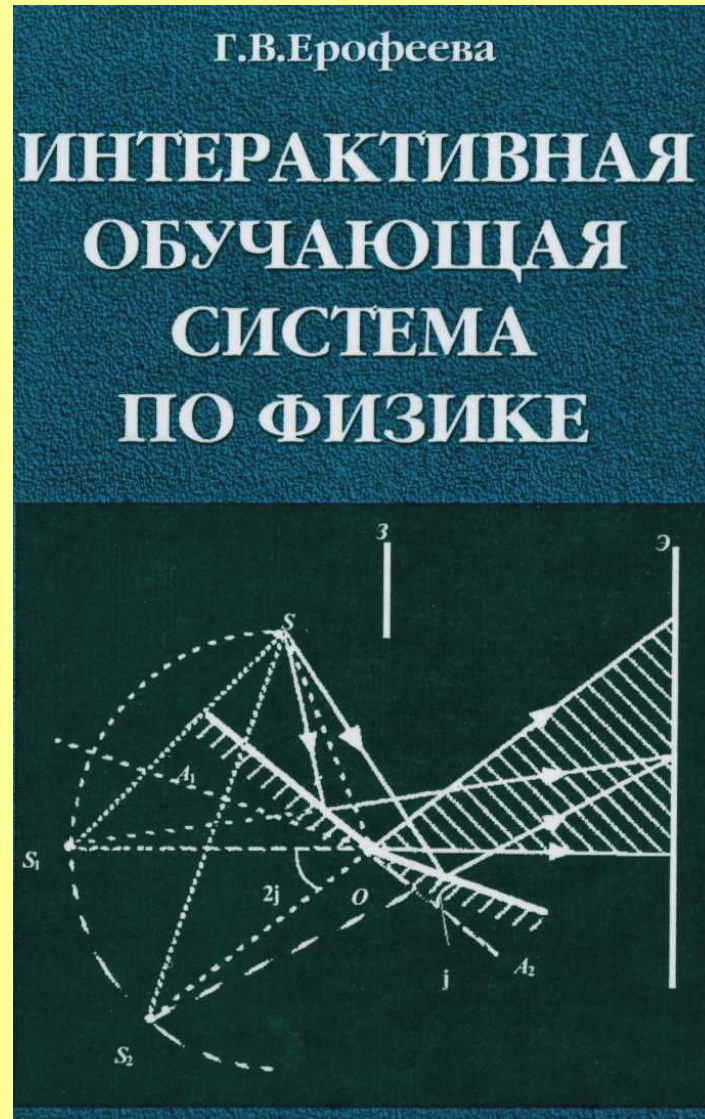
часть 2

Электричество и магнетизм



О курсе общей физики

ЛИТЕРАТУРА



КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Занятие 1(7)	Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса.
Занятие 2(8)	Работа по перемещению заряда в электрическом поле. Потенциал. Связь напряженности и потенциала. Электроемкость.
Занятие 3(9)	Законы постоянного тока.
Занятие 4(10)	Электромагнетизм. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.
Занятие 5(11)	Закон Био-Савара-Лапласа и его применение к расчету магнитной индукции и напряженности магнитных полей. Магнитные свойства веществ.
Занятие 6(12)	Эффект Холла. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла
Занятие 7(13)	Механические колебания и волны
Занятие 8 (14)	Электромагнитные колебания и волны

О курсе общей физики

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ:

Тюрин Ю.И., Чернов И.П., Крючков Ю.Ю. Физика. Ч.2.

Электричество и магнетизм. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003, 738

Сивухин Д.В. Общий курс физики, т.3, Оптика. М., 1992

Яворский Б.М., Детлаф А.А. Курс физики. Т.2. 1991

Парселл Э. БКФ. Т.2. Электричество и магнетизм. 1982-1991.

Тюрин Ю.И., Ларионов В.В., Чернов И.П. Физика. Сборник задач. Ч.2. Электричество и магнетизм. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004, 448

Чертов, Воробьев. Задачник по физике.

Ларионов В.В., Веретельник В.И., Тюрин Ю.И., Чернов И.П. Физический практикум. Ч.2., Электричество и магнетизм. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004, 256

О курсе общей физики

ЛИТЕРАТУРА

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. -М.: Наука,1988. т. 2
2. Савельев И.В. Курс общей физики. -М.: Наука,1989. т. 3
3. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм М.: В.Ш. 1983
4. Волькенштейн. Сборник задач по общему курсу физики

КОЛЛОКВИУМ 3

Вопросы теоретических коллоквиумов по теме

«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»

1. Закон сохранения электрического заряда: Действие на расстоянии и полевое действие; Электрический заряд - сохранение и квантование; Экспериментальные опыты существования заряда; Непрерывное распределение заряда.
2. Закон Кулона: Напряженность E . Закон Кулона; Поток.
Теорема Гаусса: Теорема Гаусса; Расчет полей с помощью теоремы Остроградского-Гаусса:
 - равномерно заряженная бесконечная плоскость,
 - поле двух бесконечных параллельных плоскостей,
 - равномерно заряженная сфера,
 - равномерно заряженный шар,
 - бесконечный заряженный цилиндр
4. Потенциал: Теорема Остроградского-Гаусса (закон Кулона) в дифференциальной форме. Дивергенция векторной величины; Работа сил электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности; Определение потенциала, единица потенциала, разность потенциалов; Связь между напряженностью E и потенциалом ϕ
5. Циркуляция и ротор: Циркуляция вектора; Ротор вектора. Теорема Стокса (циркуляция и ротор электростатического поля); Оператор ∇ и операции с ним. Уравнения Пуассона и Лапласа.
6. Емкость: Распределение электрических зарядов на проводнике; Механизм образования поля вблизи проводника. Зависимость поверхностной плотности от кривизны поверхности; Емкость уединенного проводника; Емкость плоского, сферического и цилиндрического конденсатора; Энергия электрического поля (при и вне диэлектрика).
7. Поляризация: Проводник во внешнем электрическом поле; Индукционные и связанные заряды (эксперименты); Полярные и неполярные молекулы. Вектор поляризации, связь с восприимчивостью.
8. Вектор электрического смещения D : Поверхностная плотность связанных зарядов; Объемная плотность связанных зарядов; Вектор D , теорема Остроградского – Гаусса для вектора D ; Электреты; Сегнетоэлектрики; Пьезоэффект; Преломление силовых линий и линий D ; Граничные условия $E = E$, $D = D$.

КОЛЛОКВИУМ 3 (продолжение)

Вопросы теоретических коллоквиумов по теме

«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»

9. Электродвижущая сила: Сила и плотность тока; Уравнение непрерывности; Э.Д.С., падение напряжения, сторонние силы; Закон Ома в интегральной и дифференциальной форме. Закон Джоуля - Ленца в дифференциальной форме; Опытное определение электронной проводимости в металлах; Основы классической теории электропроводности; Вывод закона Джоуля - Ленца из классической электронной теории проводимости; Закон Видемана – Франца. Недостатки классической электронной теории проводимости.

КОЛЛОКВИУМ 4

Вопросы теоретических коллоквиумов по теме «ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ»

1. Электродвижущая сила: Сила и плотность тока; Уравнение непрерывности; Э.Д.С., падение напряжения, сторонние силы; Закон Ома в интегральной и дифференциальной форме. Закон Джоуля - Ленца в дифференциальной форме; Опытное определение электронной проводимости в металлах; Основы классической теории электропроводности; Вывод закона Джоуля - Ленца из классической электронной теории проводимости; Закон Видемана – Франца. Недостатки классической электронной теории проводимости.
2. Магнитное поле. Характеристики магнитного поля. Контур с током в магнитном поле. Графическое изображение магнитных полей.
3. Закон Био – Савара – Лапласа. Вычислить магнитное поле прямолинейного проводника с током; Вычислить магнитное поле кругового тока: а) в центре витка; б) на оси витка;
4. Закон Ампера: Сила Ампера. Взаимодействие параллельных токов. Магнитная постоянная. Единицы магнитной индукции и напряженности магнитного поля..
5. Сила Лоренца; Магнитное поле движущегося заряда; действие магнитного поля на движущийся заряд. Движение электрона в однородном магнитном поле; Движение электрона в неоднородном магнитном поле; Эффект Холла; Определение удельного заряда частиц. Циклотрон.

КОЛЛОКВИУМ 4 (продолжение)

Вопросы теоретических коллоквиумов по теме

«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»

6. Закон полного тока в вакууме Циркуляция вектора \mathbf{B} магнитного поля в вакууме. Вихревой характер магнитного поля Магнитное поле соленоида. Магнитное поле тороида.
7. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Остроградского-Гаусса для магнитного поля.
8. Работа, совершаемая при перемещении проводника с током в магнитном поле; Работа, совершаемая при перемещении контура с током в магнитном поле.
9. Явление электромагнитной индукции. опыты Фарадея. Правило Ленца; Закон электромагнитной индукции в дифференциальной форме; Вывод ЭДС индукции из электронных представлений.
10. Получение синусоидального тока (вращение рамки в магнитном поле). Вихревые токи и их применение. Индуктивность. Явление самоиндукции. Взаимоиндукция, трансформатор; Токи при замыкании и размыкании; Энергия магнитного поля.
11. Магнитные моменты электронов и атомов; Атом в магнитном поле; Вектор намагничивания. Магнитная восприимчивость; Объяснение диа- и парамагнетизма. Ферромагнетизм

Желаю успеха!

Лекция 1.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ

1.1. Электрический заряд. Закон сохранения заряда

1.2. Взаимодействие электрических зарядов в
вакууме. Закон Кулона

1.3. Электростатическое поле. Напряженность поля

1.4. Сложение электростатических полей. Принцип
суперпозиции

1.5. Электростатическое поле диполя

1.6. Взаимодействие диполей

1.1. Электрический заряд. Закон сохранения заряда.

Электростатика – раздел, изучающий статические (неподвижные) заряды и связанные с ними электрические поля.

- Перемещение зарядов либо отсутствует, либо происходит так медленно, что возникающие при движении зарядов магнитные поля ничтожны.
- *Сила взаимодействия между зарядами определяется только их взаимным расположением.*
- Следовательно, *энергия электростатического взаимодействия – потенциальная энергия.*

- Несмотря на обилие различных веществ в природе, существуют только два вида электрических зарядов: заряды подобные тем, которые возникают на стекле, потертом о шелк, и заряды, подобные тем, которые появляются на янтаре, потертом о мех.
- Первые были названы положительными, вторые отрицательными зарядами.
- Назвал их так

Бенджамин Франклин в 1746 г.



Франклин Бенджамин (1706 – 1790)

американский физик, политический и общественный деятель.

Основные работы в области электричества. Объяснил действие Лейденской банки, построил первый плоский конденсатор. Изобрел молниеотвод, доказал электрическую природу молнии и тождественность земного и атмосферного электричества. Разработал теорию электрических явлений – так называемую «унитарную теорию». Работы относятся также к теплопроводности тел, к распространению звука в воде и воздухе и т.п. Является автором ряда технических изобретений.

- Сила кулоновского притяжения между электроном и протоном в атоме водорода в 10^{39} раз больше их гравитационного взаимодействия.

- Известно, что *одноименные заряды отталкиваются, разноименные – притягиваются.*
- Если поднести заряженное тело (с любым зарядом) к легкому – незаряженному, то между ними будет притяжение – *явление электризации* легкого тела *через влияние.*

- На ближайшем к заряженному телу конце появляются заряды противоположного знака (индуцированные заряды) это явление называется *электростатической индукцией*.
- Таким образом, всякий процесс заряжения есть процесс разделения зарядов. Сумма зарядов не изменяется, заряды только перераспределяются.

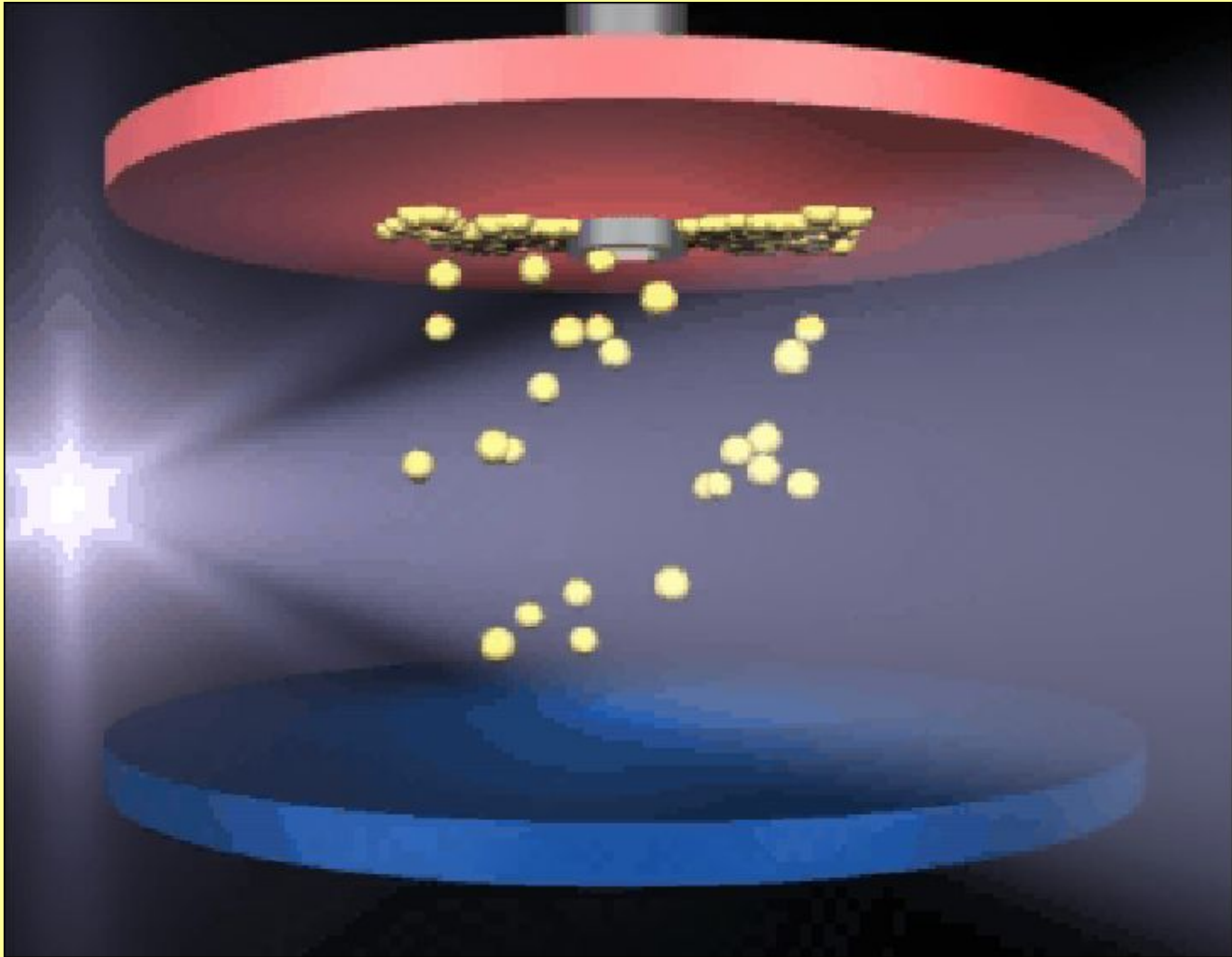
- Отсюда следует *закон сохранения заряда* – один из фундаментальных законов природы, сформулированный в 1747 г. Б. Франклином и подтвержденный в 1843 г. М. Фарадеем: *алгебраическая сумма зарядов, возникающих при любом электрическом процессе на всех телах, участвующих в процессе, всегда равна нулю.*

Закон сохранения заряда

- *суммарный электрический заряд замкнутой системы не изменяется.*

- *Электрические заряды не существуют сами по себе, а являются внутренними свойствами элементарных частиц – электронов, протонов и др.*
- **Опытным** путем в 1914 г. американский физик **Р. Милликен** показал что

электрический заряд дискретен.



Эксперимент Роберта Милликена.avi

- Заряд q любого тела составляет целое кратное от *элементарного электрического заряда* :

$$q = \pm ne,$$

где n – целое число, а

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

- *Электрон* и *протон* являются соответственно носителями элементарных отрицательного и положительного зарядов.

- Например, наша Земля имеет отрицательный заряд

$$Q = - 6 \cdot 10^5 \text{ Кл}$$

это установлено по измерению напряженности электростатического поля в атмосфере Земли.

КАК?

- Большой вклад в исследование явлений электростатики внес знаменитый французский ученый Ш. Кулон. В 1785 г. Он экспериментально установил закон взаимодействия *неподвижных точечных* электрических зарядов.



• Кулон Шарль Огюстен

(1736 – 1806) – французский физик и **военный инженер**.

Работы относятся к электричеству, магнетизму, прикладной механике.

Сформулировал законы трения, качения и скольжения. Установил законы упругого кручения. Исходя из этого в 1784 г. Кулон построил прибор для измерения силы – крутильные весы и с помощью их открыл основной закон электростатики – закон взаимодействия электрических зарядов на расстоянии, названный в последствии его именем.

1.2. Взаимодействие электрических зарядов в вакууме. Закон Кулона

- *Точечным зарядом (q) называется заряженное тело, размеры которого пренебрежительно малы по сравнению с расстоянием до других заряженных тел, с которым оно взаимодействует.*

В результате опытов Кулон установил, что

- *сила взаимодействия точечных зарядов в вакууме пропорциональна величине зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними,*
- *причем, одноименные заряды отталкиваются, а разноименные – притягиваются*

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$F = k_o \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

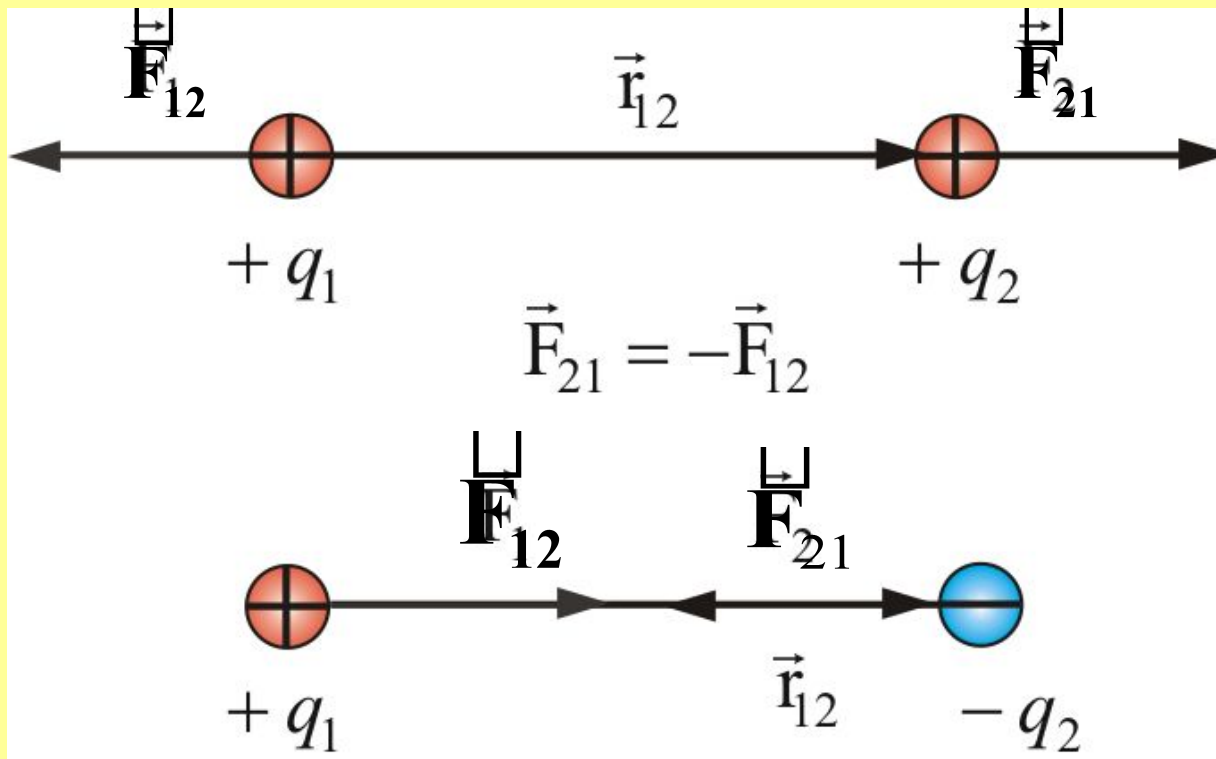
- здесь k – коэффициент пропорциональности, зависящий от системы единиц.

- В векторной форме закон Кулона выглядит так:

$$\vec{\mathbf{F}}_{12} = k_0 \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \frac{\vec{\mathbf{r}}_{12}}{r_{12}} = -\vec{\mathbf{F}}_{21}$$

- где \mathbf{F}_{12} – сила, действующая на заряд q_1 со стороны заряда q_2 ;
- \mathbf{F}_{21} – сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 ;
- $\frac{\vec{\mathbf{r}}_{12}}{r_{12}}$ - единичный вектор, направленный от положительного заряда к отрицательному;
- r_{12} - модуль вектора $\frac{\vec{\mathbf{r}}_{12}}{r_{12}}$

- В электростатике взаимодействие зарядов подчиняется **третьему закону Ньютона**: *силы взаимодействия между зарядами равны по величине и направлены противоположно друг другу вдоль прямой, связывающей эти заряды*



- Если заряды не точечные, то в такой форме закон Кулона не годится – нужно интегрировать по объему.
- Вся совокупность фактов говорит, что закон Кулона справедлив при
$$10^7 - 10^{-15} \text{ м}$$
- Внутри ядра действуют уже другие законы, не кулоновские силы.

- В системе СГС единица заряда выводится именно из закона Кулона:
- 1 ед.СГС – такой заряд, который действует на равный ему по величине другой заряд на расстоянии 1 см с силой в 1 дн (дину). Здесь $k = 1$, т.е.

$$F = \frac{|q_1 q_2|}{r^2}.$$

- В системе СИ единица заряда
- $1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$, поэтому здесь: $k_0 \neq 1$

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \quad (\text{в вакууме})$$

- где ϵ_0 – электрическая постоянная; 4π здесь выражают сферическую симметрию закона Кулона.

- Электрическая постоянная относится к числу *фундаментальных физических констант* и равна

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

- Элементарный заряд в СИ:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

- Отсюда следует, что

$$1 \text{ Кл} = 6,25 \cdot 10^{18} e.$$

- Поскольку элементарный заряд мал, мы как бы не замечаем его дискретности (заряду 1 мкКл соответствует $\sim 10^{13}$ электронов).